

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-157217

(43)Date of publication of application : 08.06.2001

(51)Int.Cl.

H04N 9/07
G06T 5/00
H04N 1/387
H04N 1/46

(21)Application number : 11-336414

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 26.11.1999

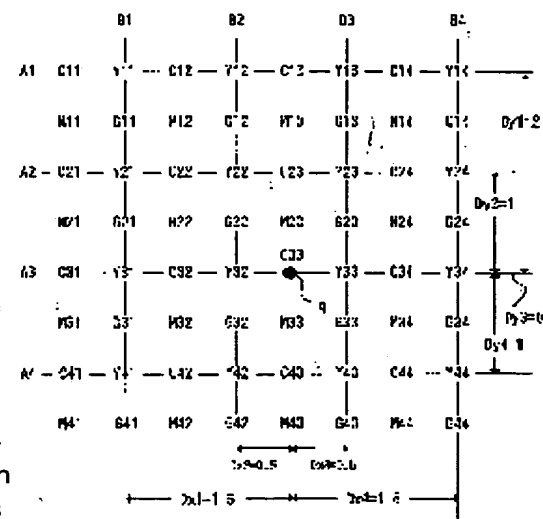
(72)Inventor : ARASAKI SHINICHI

(54) COLOR INTERPOLATION METHOD FOR SINGLE BOARD TYPE SOLID- STATE IMAGING DEVICE AND RECORDING MEDIUM FOR RECORDING COLOR INTERPOLATION PROCESSING PROGRAM FOR THE SINGLE BOARD TYPE SOLID-STATE IMAGING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce a computing amount even while realizing an image with high quality through the use of principles of the bi-cubic method and to select values easily processed by a computer for coefficients used for arithmetic operations.

SOLUTION: A pixel actually in existence (to be a pixel corresponding to cyan C33) is selected for a position to which color interpolation is applied. The color component cyan C33 of the pixel (target pixel) is used for the color component thereof, as to yellow, magenta, green, a pixel rage of 4×4 is set around the target pixel for each of the color components. Then pixel lines A1-A4 in row directions and pixel lines B1-B4 in column directions are set within a 4×4 pixel range of a color component (let it be yellow) to obtain 4 coefficients on the basis of distances $Dy1$ - $Dy4$ between each row direction pixel line and the target pixel and 4 coefficients on the basis of distances $Dx1$ - $Dx4$ between each column direction pixel line and the target pixel and the value of the yellow of the target pixel is obtained through a matrix arithmetic operation by using the coefficients and the pixel values in existence within the 4×4 pixel range. The other color components can similarly be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-157217

(P2001-157217A)

(43)公開日 平成13年6月8日(2001.6.8)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 4 N 9/07		H 0 4 N 9/07	C 5 B 0 5 7
			A 5 C 0 6 5
G 0 6 T 5/00		1/387	1 0 1 5 C 0 7 6
H 0 4 N 1/387	1 0 1	G 0 6 F 15/68	3 1 0 A 5 C 0 7 9
1/46		H 0 4 N 1/46	Z
		審査請求 未請求 請求項の数 8	O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平11-336414

(22)出願日 平成11年11月26日(1999.11.26)

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 荒崎 真一

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74)代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

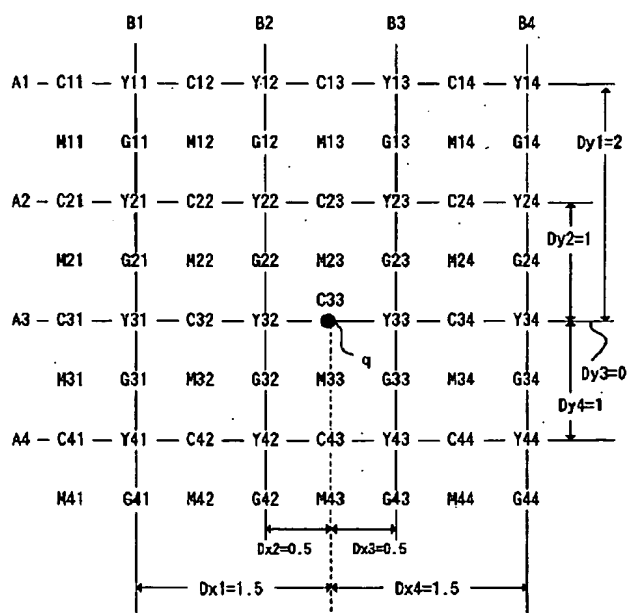
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 単板式固体撮像素子の色補間方法および単板式固体撮像素子の色補間処理プログラムを記録した記録媒体

(57)【要約】

【課題】 バイキュービック法の原理を用い高品質な画像を実現しつつも計算量の削減を図り、かつ、演算に用いる係数を計算機の処理し易い値とする。

【解決手段】 色補間を行う位置を実際に存在する画素（シアンC33に対応する画素とする）に選び、当該画素（注目画素）が有する色成分シアンC33についてはそれをその色成分とし、イエロ、マゼンタ、グリーンについては、これら各色成分ごとに、その注目画素の周囲に4×4の画素範囲を設定する。そして、或る色成分（イエロとする）の4×4の画素範囲に行方向画素ラインA1～A4及び列方向画素ラインB1～B4を設定し、各行方向画素ラインと注目画素との間の距離Dy1～Dy4に基づく4個の係数と、各列方向画素ラインと注目画素との間の距離Dx1～Dx4に基づく4個の係数を求め、これら係数と、4×4の画素範囲に存在する画素の値とを用いて行列演算して注目画素のイエロの値を求める。他の色成分についても同様に求める。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基本となる色成分を構成する個々の色成分が、一定の繰り返しで個々の画素対応に 2 次元平面的に配列されてなる単板式固体撮像素子の色補間方法において、

色補間を行うべき位置を実際に存在する画素に選び、この画素を注目画素として、前記補間すべき色成分のうち当該注目画素がもともと有する色成分についてはそれをその色成分とし、

それ以外の色成分については、

前記補間すべき各色成分ごとに、前記注目画素の周囲に $m \times n$ (m, n は正の整数) でなる画素範囲を設定し、この設定された或る色成分における $m \times n$ の画素範囲の行方向画素ライン上に m 本の行方向画素ラインを設定し、この m 本の行方向画素ラインそれぞれと前記注目画素との間の距離に基づいて得られる m 個の係数を求めるとともに、当該色成分における $m \times n$ の画素範囲の列方向画素ライン上に n 本の列方向画素ラインを設定し、この n 本の列方向画素ラインそれぞれと前記注目画素との間の距離に基づいて得られる n 個の係数を求め、求められた m 個の係数および n 個の係数と、前記 $m \times n$ の画素範囲に存在する画素の値とから当該注目画素の色成分を求める、

ことを特徴とする単板式固体撮像素子の色補間方法。

【請求項 2】 前記求められた m 個の係数および n 個の係数と、 $m \times n$ の画素範囲に存在する画素の値とから当該注目画素の色成分を求める演算処理は、 $m \times n$ の画素範囲における m 行 n 列の行列と m 個の係数でなる行ベクトルと n 個の係数でなる列ベクトルとの積をとる行列演算であることを特徴とする請求項 1 記載の単板式固体撮像素子の色補間方法。

【請求項 3】 前記 m, n は $m = n = 4$ であって、色補間すべき或る色成分について前記注目画素の周囲に 4×4 の画素範囲を設定するとともに、その色成分で構成される 4×4 の画素範囲における 4 本の行方向画素ラインと 4 本の列方向画素ラインを設定し、前記注目画素が 4 本の行方向画素ラインの中のいずれかの行方向画素ライン上に存在する場合には、その注目画素と 4 本の行方向画素ラインとの間隔が整数値で表わされ、その場合、その注目画素と 4 本の行方向画素ラインとの間隔から求められる 4 個の係数が 0 または 1 となり、

また、前記注目画素が 4 本の列方向画素ラインの中のいずれかの列方向画素ライン上に存在する場合には、その注目画素と 4 本の列方向画素ラインとの間隔が整数値で表わされ、その場合、その注目画素と 4 本の列方向画素ラインとの間隔から求められる 4 個の係数が 0 または 1 となり、

また、前記注目画素がいずれの行方向画素ライン上にも存在しない場合には、その注目画素と 4 本の行方向画素ラインとの間隔から求められる 4 個の係数の値がビット

シフトで対応可能な値で表わされ、前記注目画素がいずれの列方向画素ライン上にも存在しない場合には、その注目画素と 4 本の列方向画素ラインとの間隔から求められる 4 個の係数がビットシフトで対応可能な値で表せることを特徴とする請求項 2 記載の単板式固体撮像素子の色補間方法。

【請求項 4】 前記注目画素の周囲に $m \times n$ の画素範囲を設定する際、当該注目画素を中心とした上下左右対称となる $m \times n$ の画素範囲の設定が行えない場合は、すでに処理の終了した画素を優先して含むような $m \times n$ の画素範囲設定を行うことを特徴とする請求項 3 記載の単板式固体撮像素子の色補間方法。

【請求項 5】 基本となる色成分を構成する個々の色成分が、一定の繰り返しで個々の画素対応に 2 次元平面的に配列されてなる単板式固体撮像素子の色補間処理プログラムを記録した記録媒体であって、その色補間処理プログラムは、

色補間を行うべき位置を実際に存在する画素に選び、この画素を注目画素として、前記補間すべき色成分のうち当該注目画素がもともと有する色成分についてはそれをその色成分とする手順と、

それ以外の色成分については、

前記補間すべき各色成分ごとに、前記注目画素の周囲に $m \times n$ (m, n は正の整数) でなる画素範囲を設定する手順と、

この設定された或る色成分における $m \times n$ の画素範囲の行方向画素ライン上に m 本の行方向画素ラインを設定し、この m 本の行方向画素ラインそれぞれと前記注目画素との間の距離に基づいて得られる m 個の係数を求めるとともに、当該色成分における $m \times n$ の画素範囲の列方向画素ライン上に n 本の列方向画素ラインを設定し、この n 本の列方向画素ラインそれぞれと前記注目画素との間の距離に基づいて得られる n 個の係数を求める手順と、

求められた m 個の係数および n 個の係数と、前記 $m \times n$ の画素範囲に存在する画素の値とから当該注目画素の色成分を求める手順と、

を含むことを特徴とする単板式固体撮像素子の色補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 6】 前記求められた m 個の係数および n 個の係数と、 $m \times n$ の画素範囲に存在する画素の値とから当該注目画素の色成分を求める演算処理は、 $m \times n$ の画素範囲における m 行 n 列の行列と m 個の係数でなる行ベクトルと n 個の係数でなる列ベクトルとの積をとる行列演算であることを特徴とする請求項 5 記載の単板式固体撮像素子の色補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 7】 前記 m, n は $m = n = 4$ であって、色補間すべき或る色成分について前記注目画素の周囲に 4×4 の画素範囲を設定するとともに、その色成分で構成さ

れる 4×4 の画素範囲における4本の行方向画素ラインと4本の列方向画素ラインを設定し、前記注目画素が4本の行方向画素ラインの中のいずれかの行方向画素ライン上に存在する場合には、その注目画素と4本の行方向画素ラインとの間隔が整数値で表わされ、その場合、その注目画素と4本の行方向画素ラインとの間隔から求められる4個の係数が0または1となり、

また、前記注目画素が4本の列方向画素ラインの中のいずれかの列方向画素ライン上に存在する場合には、その注目画素と4本の列方向画素ラインとの間隔が整数値で表わされ、その場合、その注目画素と4本の列方向画素ラインとの間隔から求められる4個の係数が0または1となり、

また、前記注目画素がいずれの行方向画素ライン上にも存在しない場合には、その注目画素と4本の行方向画素ラインとの間隔から求められる4個の係数の値がビットシフトで対応可能な値で表わされ、前記注目画素がいずれの列方向画素ライン上にも存在しない場合には、その注目画素と4本の列方向画素ラインとの間隔から求められる4個の係数がビットシフトで対応可能な値で表わされることを特徴とする請求項6記載の単板式固体撮像素子の色補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項8】 前記注目画素の周囲に $m \times n$ の画素範囲を設定する際、当該注目画素を中心とした上下左右対称となる $m \times n$ の画素範囲の設定が行えない場合は、すでに処理の終了した画素を優先して含むような $m \times n$ の画素範囲設定を行うことを特徴とする請求項7記載の単板式固体撮像素子の色補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は単板式固体撮像素子の色補間を行う方法に係わり、特に、バイキュービック(Bi Cubic)法の原理を用いた色補間を少ない演算量で可能とする単板式固体撮像素子の色補間方法および単板式固体撮像素子の色補間処理プログラムを記録した記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】デジタルカメラなど画像をデジタルデータとして取り出すことのできる画像入力装置には、CCD(Charge Coupled Device)と呼ばれる固体撮像素子が用いられている。このCCDは一般の家庭用機器では、単一のCCDから3つの基本となる色を取り出す、いわゆる単板式方式が採用されている。

【0003】この単板式のCCDは基本となる色(ここでは補色を用いて説明する)として、シアン(C)、イエロ(Y)、マゼンタ(M)とそれにグリーン(G)を加えた4つの色を1セットとしてたとえば図4に示すようにそれぞれの画素対応に2次元平面的な配列となっている。

【0004】この図4において、今、シアンC22に対応する画素部分に注目して考えると、この画素(注目画素という)における色はシアンのみの色情報しか得られないことになる。したがって、この部分の色再現を行うには、近傍の色を用いた色補間を行う必要がある。一例としては、マゼンタはシアンC22の直ぐ上にあるマゼンタM12と直ぐ下にあるマゼンタM22を用いて、両者の値を足して2で割るいわゆる単純平均によって求めた値を注目画素のマゼンタの値とする。なお、ここでの説明では、C22やM12などの数値「22」や「12」は、図4において、それぞれの色成分の座標上の位置を示しているが、便宜的にそれぞれの色成分の値(画素値)を示すものとする、これは、他の色においても同様であり、以下の説明でもこれを用いる。

【0005】同様に、イエロはシアンC22の左隣にあるイエロY21と右隣にあるイエロY22を用いて、両者の値を足して2で割る単純平均によって得られた値を注目画素C22のイエロの値とする。

【0006】同様に、グリーンはシアンC22の斜め左上にあるグリーンG11と斜め右上にあるグリーンG12、斜め左下にあるグリーンG21と斜め右下にあるグリーンG22を用いて、これらの値を足して4で割る単純平均によって得られた値を注目画素のグリーンの値とする。

【0007】このように、注目画素を中心とした所定の画素範囲に存在するそれぞれの画素対応の色成分を用いて注目画素の色補間を行うようにしている。

【0008】また、これとは別にたとえば、もともと存在していない部分の画素に対する色補間を行うこともある。これは画素データを内挿することによって、主に、画像の平滑化とともに画像の鮮鋭化を図るためであり、その手法として従来より、バイキュービック法と呼ばれる補間方法がある。このバイキュービック法について以下に簡単に説明する。

【0009】バイキュービックは、本来、無限に広がる範囲からそれぞれの色成分ごとに画素補間演算を行うが、処理を簡略化するために、それぞれの色成分ごとに 4×4 の画素範囲を設定して行うことが一般的に行われている。

【0010】たとえば、ある1つの色成分について図5に示すような 4×4 の画素範囲を設定し、その範囲内に存在するそれぞれの画素の色成分の値(画素値)をQ11, Q12, ..., Q44で表すとする。このような設定において、周囲4画素の中心に位置する格子点p(この場合は、Q22, Q23, Q32, Q33の中心位置)に画素補間することを考える。一般に、求めるべき点の画素値Gpは、次に示す行列式で求めることができる。

【0011】

【数1】

$$Gp = (y_1 \ y_2 \ y_3 \ y_4) \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} & Q_{13} & Q_{14} \\ Q_{21} & Q_{22} & Q_{23} & Q_{24} \\ Q_{31} & Q_{32} & Q_{33} & Q_{34} \\ Q_{41} & Q_{42} & Q_{43} & Q_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{pmatrix}$$

(1)

【0012】この行列式における行ベクトル (y_1, y_2, y_3, y_4) と列ベクトル (x_1, x_2, x_3, x_4) は、色補間すべき点からその色成分に対応する既存の画素の存在する列方向ライン及び行方向ラインまでの距離から決まる係数である。

【0013】これを図5によって説明すると、 y_1 は格子点pと行方向画素ラインA1との間の距離 Dy_1 によって決まる係数、 y_2 は格子点pと行方向画素ラインA2との間の距離 Dy_2 によって決まる係数、 y_3 は格子点pと行方向画素ラインA3との間の距離 Dy_3 によって決まる係数、 y_4 は格子点pと行方向画素ラインA4との間の距離 Dy_4 によって決まる係数である。また、 x_1 は格子点pと列方向画素ラインB1との間の距離D

x_1 によって決まる係数、 x_2 は格子点pと列方向画素ラインB2との間の距離 Dx_2 によって決まる係数、 x_3 は格子点pと列方向画素ラインB3との間の距離 Dx_3 によって決まる係数、 x_4 は格子点pと列方向画素ラインB4との間の距離 Dx_4 によって決まる係数である。

【0014】そして、これらそれぞれの係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を、ここではこれらを代表して係数 k と表し、かつ、上述のそれぞれの距離 Dy_1, Dy_1, Dy_1, Dy_1 と Dx_1, Dx_1, Dx_1, Dx_1 を代表して距離Dと表せば、定数 k は、距離Dの大きさに応じて

(ただし、 $0 \leq |D| < 1$) (

$$K = 1 - 2|D| + |D|^2$$

$$K = 4 - 8|D| + 5|D|^2 - |D|^3 \quad (\text{ただし、} 1 \leq |D| < 2) \quad ($$

3)

$$K = 0$$

(ただし、 $2 \leq |D|$) (

4)

で求められる。

【0015】つまり、距離Dが $0 \leq |D| < 1$ である場合には(2)式を用い、 $1 \leq |D| < 2$ である場合には(3)式を用い、 $2 \leq |D|$ である場合には(4)式を用いる。

【0016】なお、距離Dは、行方向および列方向のそれぞれの画素ライン間隔を $D=1$ としている。したがって、画素ライン間隔の $1/2$ であれば $D=0.5$ 、画素ライン間隔の $1/4$ であれば $D=0.25$ とする。たとえば、図5において、格子点pと行方向画素ラインA1との間の距離D(この場合は Dy_1 で表される)は $Dy_1=1.5$ であり、格子点pと行方向画素ラインA2との間の距離D(この場合は Dy_2 で表される)は $Dy_2=0.5$ である。また、格子点pと列方向画素ラインB1との間の距離D(この場合は Dx_1 で表される)は $Dx_1=1.5$ であり、格子点pと列方向画素ラインB2との間の距離D(この場合は Dx_2 で表される)は $Dx_2=0.5$ である。

【0017】このような距離をその値の大きさに応じて上述の(2)～(4)式のいずれかに代入することによって、係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 が求められる。以下、具体例により説明する。

【0018】マトリクス状の画素配列のそれぞれの画素

に対し図6に示すような色成分配列(図4と同じ色成分配列)となっている単板式固体撮像素子を考える。このような単板式固体撮像素子において、格子点pの位置に画素補間(色補間)を行う例について説明する。なお、この格子点pは、その周囲にある4画素($G_{22}, M_{23}, Y_{32}, C_{33}$)の中心に位置しているものとす

る。
【0019】この格子点pを中心にしてシアン、マゼンタ、イエロ、グリーンそれぞれについて4画素×4画素の16画素を用いて格子点pにおけるそれぞれの色成分(シアン C_p 、イエロ Y_p 、マゼンタ M_p 、グリーン G_p)の値を求める。

【0020】すなわち、シアンについては、図6において、 $C_{11} \sim C_{14}, C_{21} \sim C_{24}, C_{31} \sim C_{34}, C_{41} \sim C_{44}$ でなる4画素×4画素の16画素、イエロについては同様に $Y_{11} \sim Y_{14}, Y_{21} \sim Y_{24}, Y_{31} \sim Y_{34}, Y_{41} \sim Y_{44}$ でなる4画素×4画素の16画素、マゼンタについては同様に $M_{11} \sim M_{14}, M_{21} \sim M_{24}, M_{31} \sim M_{34}, M_{41} \sim M_{44}$ でなる4画素×4画素の16画素、グリーンについても同様に $G_{11} \sim G_{14}, G_{21} \sim G_{24}, G_{31} \sim G_{34}, G_{41} \sim G_{44}$ でなる4画素×4画素

の16画素を用いるものとする。

【0021】このような範囲を設定したとき、格子点pにおけるシアンCpは、

【0022】

【数2】

$$C_p = (y_1 \ y_2 \ y_3 \ y_4) \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{pmatrix} \quad (5)$$

【0023】の行列式で表される。

【0024】この(5)式における係数 y_1 , y_2 , y_3 , y_4 と x_1 , x_2 , x_3 , x_4 を求める。なお、ここでは、格子点pにおけるシアンの値Cpを求めるのであるから、図6に示すように、 $C_{11} \sim C_{14}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA1、 $C_{21} \sim C_{24}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA2、 $C_{31} \sim C_{34}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA3、 $C_{41} \sim C_{44}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA4とし、 $C_{11} \sim C_{41}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB1、 $C_{12} \sim C_{42}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB2、 $C_{13} \sim C_{43}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB3、 $C_{14} \sim C_{44}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB4とする。

【0025】ここで、係数 y_1 は格子点pと行方向画素ラインA1との間の距離 Dy_1 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_1 は $Dy_1 = 1.75$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $y_1 = -0.046875$ と求められる。

【0026】また、係数 y_2 は格子点pと行方向画素ラインA2との間の距離 Dy_2 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_2 は $Dy_2 = 0.75$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $y_2 = 0.296875$ と求められる。

【0027】また、係数 y_3 は格子点pと行方向画素ラインA3との間の距離 Dy_3 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_3 は $Dy_3 = 0.25$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $y_3 = 0.890625$ と求められる。

【0028】また、係数 y_4 は格子点pと行方向画素ラインA4との間の距離 Dy_4 によって求められる。つま

り、この場合、 Dy_4 は $Dy_4 = 1.25$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $y_4 = -0.140625$ と求められる。

【0029】同様に、係数 x_1 , x_2 , x_3 , x_4 を求める。係数 x_1 は格子点pと列方向画素ラインB1との間の距離 Dx_1 によって求められる。つまり、この場合、 Dx_1 は $Dx_1 = 1.75$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $x_1 = -0.046875$ と求められる。

【0030】また、係数 x_2 は格子点pと列方向画素ラインB2との間の距離 Dx_2 によって求められる。つまり、この場合、 Dx_2 は $Dx_2 = 0.75$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $x_2 = 0.296875$ と求められる。

【0031】また、係数 x_3 は格子点pと列方向画素ラインB3との間の距離 Dx_3 によって求められる。つまり、この場合、 Dx_3 は $Dx_3 = 0.25$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $x_3 = 0.890625$ と求められる。

【0032】また、係数 x_4 は格子点pと列方向画素ラインB4との間の距離 Dy_4 によって求められる。つまり、この場合、 Dx_4 は $Dx_4 = 1.25$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $x_4 = -0.140625$ と求められる。

【0033】このようにして求められた係数 y_1 , y_2 , y_3 , y_4 と x_1 , x_2 , x_3 , x_4 を上述の行列式(5)式に代入して行列演算を行えば、格子点pにおけるシアンCpが求められる。

【0034】次に、格子点p1におけるイエロYpを求める。このイエロYpは、行列式

【0035】

【数3】

$$Y_P = (y_1 \ y_2 \ y_3 \ y_4) \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{pmatrix}$$

【0036】で表される。

【0037】この(6)式におけるそれぞれの係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を求める。なお、ここでは、イエロについて求めるのであるから、図7に示すように、イエロ $Y_{11} \sim Y_{14}$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン A_1 、 $Y_{21} \sim Y_{24}$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン A_2 、 $Y_{31} \sim Y_{34}$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン A_3 、 $Y_{41} \sim Y_{44}$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン A_4 とし、 $Y_{11} \sim Y_{41}$ の存在する画素ラインを列方向画素ライン B_1 、 $Y_{12} \sim Y_{42}$ の存在する画素ラインを列方向画素ライン B_2 、 $Y_{13} \sim Y_{43}$ の存在する画素ラインを列方向画素ライン B_3 、 $Y_{14} \sim Y_{44}$ の存在する画素ラインを列方向画素ライン B_4 とする。

【0038】ここで、係数 y_1 は格子点 p と行方向画素ライン A_1 との間の距離 Dy_1 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_1 は $Dy_1=1.75$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $y_1=-0.046875$ と求められる。

【0039】また、係数 y_2 は格子点 p と行方向画素ライン A_2 との間の距離 Dy_2 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_2 は $Dy_2=0.75$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $y_2=0.296875$ と求められる。

【0040】また、係数 y_3 は格子点 p と行方向画素ライン A_3 との間の距離 Dy_3 によって求められる。この場合、 Dy_3 は $Dy_3=0.25$ であるので、上述した

(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これにより、 $y_3=0.890625$ と求められる。

【0041】また、係数 y_4 は点 p と行方向画素ライン A_4 との間の距離 Dy_4 によって求められる。この場合、 Dy_4 は $Dy_3=1.25$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これにより、同様に計算すると、 $y_4=-0.140625$ と求められる。

【0042】同様に、係数 x_1, x_2, x_3, x_4 を求めるが、この係数 x_1, x_2, x_3, x_4 も係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と同じようにして求められる。ただし、この場合は、格子点 p と列方向画素ライン B_1 との間の距離 Dx_1 ($Dx_1=1.25$)、格子点 p と列方向画素ライン B_2 との間の距離 Dx_2 ($Dx_2=0.25$)、格子点 p と列方向画素ライン B_3 との間の距離 Dx_3 ($Dx_3=0.75$)、格子点 p と列方向画素ライン B_4 との間の距離 Dx_4 ($Dx_4=1.75$)の距離に基づき、(2)式～(4)式のいずれかを用いて係数 x_1, x_2, x_3, x_4 が求められる。ここで、 $x_1=-0.140625$ 、 $x_2=0.890625$ 、 $x_3=0.296875$ 、 $x_4=-0.046875$ と求められる。

【0043】このようにして求められた係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を上述の行列式(6)式に代入して行列演算を行えば、格子点 p におけるイエロ Y_p が求められる。

【0044】次に、格子点 p_1 におけるマゼンタ M_p を求める。マゼンタ M_p は行列式

【0045】

【数4】

$$M_p = (y_1 \ y_2 \ y_3 \ y_4) \begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & M_{42} & M_{43} & M_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{pmatrix}$$

(7)

【0046】で表される。

【0047】この(7)式におけるそれぞれの係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を求める。ここでは、格子点 p におけるマゼンタの値 M_p を求めるのであるから、図8に示すように、マゼンタ $M_{11} \sim M_{14}$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン A_1 、 $M_{21} \sim M_{24}$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン A_2 、 $M_{31} \sim M_{34}$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン A_3 、 $M_{41} \sim M_{44}$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン A_4 とし、 $M_{11} \sim M_{41}$ の存在する画素ラインを列方向画素ライン B_1 、 $M_{12} \sim M_{42}$ の存在する画素ラインを列方向画素ライン B_2 、 $M_{13} \sim M_{43}$ の存在する画素ラインを列方向画素ライ

ン B_3 、 $M_{14} \sim M_{44}$ の存在する画素ラインを列方向画素ライン B_4 とする。

【0048】ここで、係数 y_1 は格子点 p と行方向画素ライン A_1 との間の距離 Dy_1 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_1 は $Dy_1=1.25$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $y_1=-0.140625$ と求められる。

【0049】また、係数 y_2 は格子点 p と行方向画素ライン A_2 との間の距離 Dy_2 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_2 は $Dy_2=0.25$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $y_2=0.890625$ と求められる。

【0050】また、係数 y_3 は格子点 p と行方向画素ラ

インA3との間の距離 Dy_3 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_3 は $Dy_3=0.75$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $y_3=0.296875$ と求められる。

【0051】また、係数 y_4 は格子点pと行方向画素ラインA4との間の距離 Dy_4 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_4 は $Dy_4=1.75$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、同様に計算すると、 $y_4=-0.046875$ と求められる。

【0052】同様に、係数 x_1, x_2, x_3, x_4 を求めるが、この係数 x_1, x_2, x_3, x_4 も係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と同じようにして求められる。ただし、この場合は、格子点pと列方向画素ラインB1との間の距離 Dx_1 ($Dx_1=1.75$)、格子点pと列方向画

素ラインB2との間の距離 Dx_2 ($Dx_2=0.75$)、格子点pと列方向画素ラインB3との間の距離 Dx_3 ($Dx_3=0.25$)、格子点pに対する列方向画素ラインB4の距離 Dx_4 ($Dx_4=1.25$)の距離に基づき、(2)式～(4)式のいずれかを用いて係数 x_1, x_2, x_3, x_4 が求められる。ここで、 $x_1=-0.046875$ 、 $x_2=0.296875$ 、 $x_3=0.890625$ 、 $x_4=-0.140625$ と求められる。

【0053】このようにして求められた係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を上述の行列式(7)式に代入して行列演算を行えば、格子点pにおけるマゼンタ M_p が求められる。次に、格子点p1におけるグリーン G_p を求める。グリーン G_p は行列式

【0054】

【数5】

$$G_p = (y_1 \ y_2 \ y_3 \ y_4) \begin{pmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} & G_{14} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} & G_{24} \\ G_{31} & G_{32} & G_{33} & G_{34} \\ G_{41} & G_{42} & G_{43} & G_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{pmatrix}$$

(8)

【0055】で表される。ここでは、格子点pにおけるグリーンの値 G_p を求めるのであるから、図9に示すように、グリーン $G_{11} \sim G_{14}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA1、 $G_{21} \sim G_{24}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA2、 $G_{31} \sim G_{34}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA3、 $G_{41} \sim G_{44}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA4とし、グリーン $G_{11} \sim G_{41}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB1、 $G_{12} \sim G_{42}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB2、 $G_{13} \sim G_{43}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB3、 $G_{14} \sim G_{44}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB4とする。

【0056】上述したと同じ考え方で、係数 y_1, y_2, y_3, y_4 を求めるが、この場合は、格子点pと行方向画素ラインA1との間の距離 Dy_1 ($Dy_1=1.25$)、格子点pと行方向画素ラインA2との間の距離 Dy_2 ($Dy_2=0.25$)、格子点pと行方向画素ラインA3との間の距離 Dy_3 ($Dy_3=0.75$)、格子点pと行方向画素ラインA4との間の距離 Dy_4 ($Dy_4=1.75$)の距離に基づき、(2)式～(4)式のいずれかを用いて係数 y_1, y_2, y_3, y_4 が求められる。ここで、 $y_1=-0.140625$ 、 $y_2=0.890625$ 、 $y_3=0.296875$ 、 $y_4=-0.046875$ と求められる。

【0057】同様に、係数 x_1, x_2, x_3, x_4 を求めるが、この係数 x_1, x_2, x_3, x_4 は、格子点pと列方向画素ラインB1との間の距離 Dx_1 ($Dx_1=1.25$)、格子点pと列方向画素ラインB2との間の距離

Dx_2 ($Dx_2=0.25$)、格子点pと列方向画素ラインB3との間の距離 Dx_3 ($Dx_3=0.75$)、格子点pと列方向画素ラインB4との間の距離 Dx_4 ($Dx_4=1.75$)の距離に基づき、(2)式～(4)式のいずれかを用いて係数 x_1, x_2, x_3, x_4 が求められる。ここで、 $x_1=-0.140625$ 、 $x_2=0.890625$ 、 $x_3=0.296875$ 、 $x_4=-0.046875$ と求められる。

【0058】このようにして求められた係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を上述の行列式(8)式に代入して行列演算を行えば、格子点pにおけるグリーン G_p が求められる。

【0059】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように色補間を行う方法は従来より各種存在するが、最初に説明した近傍の画素の色成分を単純平均した値で色補間する方法では、高品質な画像が得られない場合も多く、また、バイキュービック法による画素補間(色補間)は、確かに、画像の平滑化や鮮鋭化が図れ良好な画質が得られる利点があるが、非常に計算量が多いのが欠点である。

【0060】すなわち、1つの画素を補間する際の1つの色成分を求めるに必要な処理として、 $4 \times 4 + 4 = 20$ 回の乗算を行う必要があるため、1画素について全ての色成分(シアン、マゼンタ、イエロ、グリーン)を求めるには、 $20 \times 4 = 80$ 回もの乗算処理が必要となってくる。

【0061】また、行列式に用いられる係数 y_1, y

2, y_3 , y_4 や x_1 , x_2 , x_3 , x_4 の値は前述したように、たとえば、「-0.140625」、「0.890625」というような値であるため、ビットシフトで対応するのが困難な値となっていて、コンピュータ処理がしにくいなどの問題もある。

【0062】そこで本発明は、バイキュービック法による画素補間（色補間）の原理を用いながらもその計算量を大幅に削減することができ、しかも、バイキュービックによる画素補間を行ったと同じような高品質な画像を得ることができる単板式固体撮像素子の色補間方法および単板式固体撮像素子の色補間処理プログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0063】

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成するために、本発明の単板式固体撮像素子の色補間方法は、基本となる色成分を構成する個々の色成分が、一定の繰り返しで個々の画素対応に2次元平面的に配列されてなる単板式固体撮像素子の色補間方法において、色補間を行うべき位置を実際に存在する画素に選び、この画素を注目画素として、前記補間すべき色成分のうち当該注目画素がもともと有する色成分についてはそれをその色成分とし、それ以外の色成分については、前記補間すべき各色成分ごとに、前記注目画素の周囲に $m \times n$ (m , n は正の整数)でなる画素範囲を設定し、この設定された或る色成分における $m \times n$ の画素範囲の行方向画素ライン上に m 本の行方向画素ラインを設定し、この m 本の行方向画素ラインそれぞれと前記注目画素との間の距離に基づいて得られる m 個の係数を求めるとともに、当該色成分における $m \times n$ の画素範囲の列方向画素ライン上に n 本の列方向画素ラインを設定し、この n 本の列方向画素ラインそれぞれと前記注目画素との間の距離に基づいて得られる n 個の係数を求め、求められた m 個の係数および n 個の係数と、前記 $m \times n$ の画素範囲に存在する画素の値とから当該注目画素の色成分を求めるようにしている。

【0064】また、本発明の単板式固体撮像素子の色補間処理プログラムを記録した記録媒体は、基本となる色成分を構成する個々の色成分が、一定の繰り返しで個々の画素対応に2次元平面的に配列されてなる単板式固体撮像素子の色補間処理プログラムを記録した記録媒体であって、その色補間処理プログラムは、色補間を行うべき位置を実際に存在する画素に選び、この画素を注目画素として、前記補間すべき色成分のうち当該注目画素がもともと有する色成分についてはそれをその色成分とする手順と、それ以外の色成分については、前記補間すべき各色成分ごとに、前記注目画素の周囲に $m \times n$ (m , n は正の整数)でなる画素範囲を設定する手順と、この設定された或る色成分における $m \times n$ の画素範囲の行方向画素ライン上に m 本の行方向画素ラインを設定し、この m 本の行方向画素ラインそれぞれと前記注目画素との

間の距離に基づいて得られる m 個の係数を求めるとともに、当該色成分における $m \times n$ の画素範囲の列方向画素ライン上に n 本の列方向画素ラインを設定し、この n 本の列方向画素ラインそれぞれと前記注目画素との間の距離に基づいて得られる n 個の係数を求める手順と、求められた m 個の係数および n 個の係数と、前記 $m \times n$ の画素範囲に存在する画素の値とから当該注目画素の色成分を求める手順とを含んでいる。

【0065】また、前記求められた m 個の係数および n 個の係数と、 $m \times n$ の画素範囲に存在する画素の値とから当該注目画素の色成分を求める演算処理は、 $m \times n$ の画素範囲における m 行 n 列の行列と m 個の係数でなる行ベクトルと n 個の係数でなる列ベクトルとの積をとる行列演算である。

【0066】そして、前記 m , n は $m=n=4$ であって、色補間すべき或る色成分について前記注目画素の周囲に 4×4 の画素範囲を設定するとともに、その色成分で構成される 4×4 の画素範囲における4本の行方向画素ラインと4本の列方向画素ラインを設定し、前記注目画素が4本の行方向画素ラインの中のいずれかの行方向画素ライン上に存在する場合には、その注目画素と4本の行方向画素ラインとの間隔が整数値で表わされ、その場合、その注目画素と4本の行方向画素ラインとの間隔から求められる4個の係数が0または1となり、また、前記注目画素が4本の列方向画素ラインの中のいずれかの列方向画素ライン上に存在する場合には、その注目画素と4本の列方向画素ラインとの間隔が整数値で表わされ、その場合、その注目画素と4本の列方向画素ラインとの間隔から求められる4個の係数が0または1となり、また、前記注目画素がいずれの行方向画素ライン上にも存在しない場合には、その注目画素と4本の行方向画素ラインとの間隔から求められる4個の係数の値がビットシフトで対応可能な値で表わされ、前記注目画素がいずれの列方向画素ライン上にも存在しない場合には、その注目画素と4本の列方向画素ラインとの間隔から求められる4個の係数がビットシフトで対応可能な値で表せる。

【0067】これら各発明において、前記注目画素の周囲に $m \times n$ の画素範囲を設定する際、当該注目画素を中心とした上下左右対称となる $m \times n$ の画素範囲の設定が行えない場合は、すでに処理の終了した画素を優先して含むような $m \times n$ の画素範囲設定を行うようにしている。

【0068】本発明は、原理的にはバイキュービック法による画素補間（色補間）の原理を用いるのであるが、色補間を行うべき位置を実際に存在する画素に選ぶようにする。これによって、従来から行われているバイキュービック法に比べて、計算量を大幅に削減することができ、しかも、バイキュービックによる画素補間を行ったと同じような高品質な画像を得ることができる。

【0069】そして、求められた m 個の係数および n 個の係数と、 $m \times n$ の画素範囲に存在する画素の値とから当該注目画素の色成分を求める演算処理は、 $m \times n$ の画素範囲における m 行 n 列の行列と m 個の係数でなる行ベクトルと n 個の係数でなる列ベクトルとの積をとる演算処理であり、このとき、本発明では、それぞれライン間距離から求められる係数の値が0または1となることも多く、このため、行列演算を大幅に簡略化することができる。また、それぞれライン間距離から求められる係数の値が0または1とならない場合であっても、それぞれの係数の値を、計算機がビットシフトで対応できる数値とすることができ、計算機の処理負担を小さくすることができ処理の高速化を図ることができる。

【0070】また、注目画素の周囲に $m \times n$ の画素範囲を設定する際、注目画素を中心とした上下左右対称となる $m \times n$ の画素範囲の設定が行えない場合は、すでに処理の終了した画素を優先して含むような画素範囲設定を行うようにする。このようにすでに色補間がなされた画素を、限られた範囲内で少しでも多く使うことによって、処理後の画像全体を高品質なものとすることができる。

【0071】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、この実施の形態で説明する内容は、本発明の単板式固体撮像素子の色補間方法および単板式固体撮像素子の色補間処理プログラムを記録した記録媒体における画素補間処理プログラムの具体的な処理内容をも含むものである。

【0072】本発明は基本的な原理としては前述した従来技術の項で説明したバイキュービック法を用いるのであるが、本発明では格子点ではなく実際に画素の存在する位置で色補間を行うようにしている。以下、具体例について説明する。

【0073】本発明の実施の形態を説明する画素配列に対する色成分配列は前述のバイキュービック法の説明で用いた図6～図9と同じものを使用する。

【0074】従来では実際に存在しない画素を補間する場合として格子点 p の画素補間（色補間）を行う例について説明したが、ここでは、補間する画素の位置を少し変えて実際に存在する画素での色補間を行うようにしたことに特徴がある。

【0075】この実施の形態では、シアン $C33$ の位置（点 q とする）に存在する画素（注目画素という）の色補間を行う例について説明する。この場合、その注目画素におけるシアンの色成分はシアン $C33$ の値をそのまま使用する。したがって、それ以外のイエロ、マゼンタ、グリーンを求めればよい。なお、求めようとするイエロ、マゼンタ、グリーンをイエロ Yq 、マゼンタ Mq 、グリーン Gq とする。そして、イエロ Yq は図1、マゼンタ Mq は図2、グリーン Gq は図3を参照しながら

ら説明する。

【0076】また、ここでも、1つ1つの色成分について注目画素の周辺に存在する 4×4 の画素範囲を用いる。ただし、色成分によっては注目画素を中心とした左右上下対称となる 4×4 の画素範囲を設定できない場合も生じるので、その場合は、すでに処理の終了した画素を優先した画素範囲の設定を行う。たとえば、1つの画像について最上段の画素ラインについて最も左に存在する画素から右方向へと処理を行い、次のラインについても最も左に存在する画素から右方向へと処理を行うというように、画像全体で見れば左上から右下へと処理を行ういわゆるラスタスキャン的な処理を行う場合には、注目画素を基準として左方向や上方向に存在する画素を優先して 4×4 の画素範囲を設定するようにする。

【0077】この図1～図3の例においては、点 q におけるイエロ Yq を求める際には、イエロ $Y11 \sim Y14$ 、 $Y21 \sim Y24$ 、 $Y31 \sim Y34$ 、 $Y41 \sim Y44$ で構成される4画素 \times 4画素の16画素を用い、点 q におけるマゼンタ Mq を求める際は、マゼンタ $M11 \sim M14$ 、 $M21 \sim M24$ 、 $M31 \sim M34$ 、 $M41 \sim M44$ で構成される4画素 \times 4画素の16画素を用い、また、点 q におけるグリーン Gq を求める際には、グリーン $G11 \sim G14$ 、 $G21 \sim G24$ 、 $G31 \sim G34$ 、 $G41 \sim G44$ で構成される4画素 \times 4画素の16画素を用いる。

【0078】このような処理範囲の設定を行ったあとは、前述の（2）～（4）式を用いてそれぞれの係数を求める。

【0079】まず、イエロについて考える。求めるべきイエロ Yp は、前述したように、（6）式で求められる。

【0080】この（6）式におけるそれぞれの係数 $y1$ 、 $y2$ 、 $y3$ 、 $y4$ と $x1$ 、 $x2$ 、 $x3$ 、 $x4$ を求める。なお、ここでは、イエロについて求めるのであるから、図1に示すように、イエロ $Y11 \sim Y14$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン $A1$ 、 $Y21 \sim Y24$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン $A2$ 、 $Y31 \sim Y34$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン $A3$ 、 $Y41 \sim Y44$ の存在する画素ラインを行方向画素ライン $A4$ とし、イエロ $Y11 \sim Y41$ の存在する画素ラインを列方向画素ライン $B1$ 、 $Y12 \sim Y42$ の存在する画素ラインを列方向画素ライン $B2$ 、 $Y13 \sim Y43$ の存在する画素ラインを列方向画素ライン $B3$ 、 $Y14 \sim Y44$ の存在する画素ラインを列方向画素ライン $B4$ とする。

【0081】ここで、まず、係数 $y1$ 、 $y2$ 、 $y3$ 、 $y4$ を求める。係数 $y1$ はシアン $C33$ の画素位置（点 q ）と行方向画素ライン $A1$ との間の距離 $Dy1$ によって求められる。つまり、この場合、 $Dy1$ は $Dy1=2$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち（4）式

を用いる。これによって、 $y_1 = 0$ と求められる。

【0082】また、係数 y_2 はシアンC33の画素位置（点q）と行方向画素ラインA2との間の距離 Dy_2 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_2 は $Dy_2 = 1$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち

（3）式を用いる。これによって、 $y_2 = 0$ と求められる。

【0083】また、係数 y_3 はシアンC33（点q）の画素位置と行方向画素ラインA3との間の距離 Dy_3 によって求められる。この場合、点qは行方向画素ラインA3上に存在するので、 $Dy_3 = 0$ となり、上述した（2）～（4）式のうち（2）式を用いる。これによって、 $y_3 = 1$ と求められる。

【0084】また、係数 y_4 はシアンC33の画素位置（点q）と行方向画素ラインA4との間の距離 Dy_4 によって求められる。この場合、 Dy_4 は $Dy_4 = 1$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち（3）式を用いる。これによって、 $y_4 = 0$ と求められる。

【0085】次に、係数 x_1, x_2, x_3, x_4 を求める。係数 x_1 はシアンC33の画素位置（点q）と列方向画素ラインB1との間の距離 Dx_1 によって求められる。つまり、この場合、 Dx_1 は $Dx_1 = 1.5$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち（3）式を用い

$$Yq = -0.125 \times Y31 + 0.625 \times Y32 + 0.625 \times Y33 - 0.125 \times Y34 \quad (9)$$

となる。なお、（6）式の行列式は、この場合、行ベクトルである y_1, y_2, y_3, y_4 が $y_1 = 0, y_2 = 0, y_3 = 1, y_4 = 0$ であるので、簡略化された行列式となって結局は（9）式のように求められる。

【0090】次に、マゼンタM33を求める。マゼンタMpは、前述した（7）式の行列式で表される。

【0091】この（7）式におけるそれぞれの係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を求める。なお、ここでは、マゼンタについて求めるのであるから、図2に示すように、マゼンタM11～M14の存在する画素ラインを行方向画素ラインA1、M21～M24の存在する画素ラインを行方向画素ラインA2、M31～M34の存在する画素ラインを行方向画素ラインA3、M41～M44の存在する画素ラインを行方向画素ラインA4とし、マゼンタM11～M41の存在する画素ラインを列方向画素ラインB1、M12～M42の存在する画素ラインを列方向画素ラインB2、M13～M43の存在する画素ラインを列方向画素ラインB3、M14～M44の存在する画素ラインを列方向画素ラインB4とする。

【0092】ここで、係数 y_1 はシアンC33の画素位置（点q）と行方向画素ラインA1との間の距離 Dy_1 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_1 は $Dy_1 = 1.5$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち（3）式を用いる。これによって、 $y_1 = -0.125$ と求められる。

これによって、 $x_1 = -0.125$ と求められる。

【0086】また、係数 x_2 はシアンC33の画素位置（点q）と列方向画素ラインB2との間の距離 Dx_2 によって求められる。つまり、この場合、 Dx_2 は $Dx_2 = 0.5$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち（2）式を用いる。これによって、 $x_2 = 0.625$ と求められる。

【0087】また、係数 x_3 はシアンC33の画素位置（点q）と列方向画素ラインB3との間の距離 Dx_3 によって求められる。つまり、この場合、 Dx_3 は $Dx_3 = 0.5$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち（2）式を用いる。これによって、 $x_3 = 0.625$ と求められる。

【0088】また、係数 x_4 はシアンC33の画素位置（点q）と列方向画素ラインB4との間の距離 Dx_4 によって求められる。つまり、この場合、 Dx_4 は $Dx_4 = 1.5$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち（3）式を用いる。これによって、 $x_4 = -0.125$ と求められる。

【0089】このようにして求められた係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を（6）式に代入して行列演算を行えば、求めるべき Yq は、

【0093】また、係数 y_2 はシアンC33の画素位置（点q）と行方向画素ラインA2との間の距離 Dy_2 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_2 は $Dy_2 = 0.5$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち（2）式を用いる。これによって、 $y_2 = 0.625$ と求められる。

【0094】また、係数 y_3 はシアンC33の画素位置（点q）と行方向画素ラインA3との間の距離 Dy_3 によって求められる。この場合、 Dy_3 は $Dy_3 = 0.5$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち（2）式を用いる。これによって、 $y_3 = 0.625$ と求められる。

【0095】また、係数 y_4 はシアンC33の画素位置（点q）と行方向画素ラインA4との間の距離 Dy_4 によって求められる。つまり、この場合、 Dy_4 は $Dy_4 = 1.5$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち（3）式を用いる。これによって、 $y_4 = -0.125$ と求められる。

【0096】同様に、係数 x_1, x_2, x_3, x_4 を求める。係数 x_1 はシアンC33の画素位置（点q）と列方向画素ラインB1との間の距離 Dx_1 によって求められる。つまり、この場合、 Dx_1 は $Dx_1 = 2$ であるので、上述した（2）～（4）式のうち（4）式を用いる。これによって、 $x_1 = 0$ と求められる。

【0097】また、係数 x_2 はシアンC33の画素位置（点q）と列方向画素ラインB2との間の距離 Dx_2 によって求められる。つまり、この場合、 Dx_2 は Dx_2

=1であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $x_2 = 0$ と求められる。

【0098】また、係数 x_3 はシアンC33の画素位置(点q)と列方向画素ラインB3との間の距離 D_{x3} によって求められる。つまり、この場合、点qは列方向画素ラインB3上に存在するので、 $D_{x3} = 0$ であり、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $x_3 = 1$ と求められる。

$$M_p = -0.125 \times M_{13} + 0.625 \times M_{23} + 0.625 \times M_{33} - 0.125 \times M_{43} \quad (10)$$

となる。なお、(7)式の行列演算を行う際、列ベクトル x_1, x_2, x_3, x_4 は、 $x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 1, x_4 = 0$ であるので、簡略化された行列式となって結局は(10)式のように求められる。

【0101】次にグリーンについて求める。グリーン G_p は、前述した(8)式の行列式で表される。

【0102】この(8)式におけるそれぞれの係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を求める。なお、ここでは、グリーンについて求めるのであるから、図3に示すように、グリーン $G_{11} \sim G_{14}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA1、 $G_{21} \sim G_{24}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA2、 $G_{31} \sim G_{34}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA3、 $G_{41} \sim G_{44}$ の存在する画素ラインを行方向画素ラインA4とし、グリーン $G_{11} \sim G_{41}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB1、 $G_{12} \sim G_{42}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB2、 $G_{13} \sim G_{43}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB3、 $G_{14} \sim G_{44}$ の存在する画素ラインを列方向画素ラインB4とする。

【0103】ここで、まず、係数 y_1, y_2, y_3, y_4 を求める。係数 y_1 はシアンC33の画素位置(点q)と行方向画素ラインA1との間の距離 D_{y1} によって求められる。つまり、この場合、 D_{y1} は $D_{y1} = 1.5$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $y_1 = -0.125$ と求められる。

【0104】また、係数 y_2 はシアンC33の画素位置(点q)と行方向画素ラインA2との間の距離 D_{y2} によって求められる。つまり、この場合、 D_{y2} は $D_{y2} = 0.5$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $x_2 = 0.625$ と求められる。

【0105】また、係数 y_3 はシアンC33の画素位置(点q)と行方向画素ラインA3との間の距離 D_{y3} によって求められる。つまり、この場合、 D_{y3} は $D_{y3} = 0.5$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $y_3 = 0.625$ と求められる。

【0106】また、係数 y_4 はシアンC33の画素位置

【0099】また、係数 x_4 はシアンC33の画素位置(点q)と列方向画素ラインB4との間の距離 D_{x4} によって求められる。つまり、この場合、 D_{x4} は $D_{x4} = 1$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $x_4 = 0$ と求められる。

【0100】このようにして求められた係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を(7)式に代入すれば、求めるべき M_p は、

(点q)と行方向画素ラインA4との間の距離 D_{y4} によって求められる。つまり、この場合、 D_{y4} は $D_{y4} = 1.5$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $y_4 = -0.125$ と求められる。

【0107】次に、係数 x_1, x_2, x_3, x_4 を求める。係数 x_1 はシアンC33の画素位置(点q)と列方向画素ラインB1との間の距離 D_{x1} によって求められる。つまり、この場合、 D_{x1} は $D_{x1} = 1.5$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $x_1 = -0.125$ と求められる。

【0108】また、係数 x_2 はシアンC33の画素位置(点q)と列方向画素ラインB2との間の距離 D_{x2} によって求められる。つまり、この場合、 D_{x2} は $D_{x2} = 0.5$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $x_2 = 0.625$ と求められる。

【0109】また、係数 x_3 はシアンC33の画素位置(点q)と列方向画素ラインB3との間の距離 D_{x3} によって求められる。この場合、 D_{x3} は $D_{x3} = 0.5$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(2)式を用いる。これによって、 $x_3 = 0.625$ と求められる。

【0110】また、係数 x_4 はシアンC33の画素位置(点q)と列方向画素ラインB4との間の距離 D_{x4} によって求められる。つまり、この場合、 D_{x4} は $D_{x4} = 1.5$ であるので、上述した(2)～(4)式のうち(3)式を用いる。これによって、 $x_4 = -0.125$ と求められる。

【0111】このようにして求められた係数定数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を(8)式に代入して行列演算を行うことで G_p が求められる。

【0112】このように、この実施の形態によれば、イエロとマゼンタについては、注目画素であるシアンC33の画素とそれぞれの画素ラインまでの距離に基づいて求められる係数が0や1となる場合も多く、これによって、行列演算を大幅に簡略化することができる。

【0113】すなわち、この実施の形態におけるイエロやマゼンタの場合、それらの色成分による 4×4 の画素範囲を設定し、それぞれの行方向画素ラインおよび列方向画素ラインを設定すると、図1および図2からもわか

るように、イエロの場合は行方向画素ラインA1～A4のうち行方向画素ラインA3上に注目画素（点q）が存在し（図1参照）、マゼンタの場合は列方向画素ラインB1～B4のうち列方向画素ラインB3上に注目画素（点q）が存在する（図2参照）。このような場合、注目画素（点q）からのそれぞれの画素ラインまでの距離が整数値（ここでは、0または1または2）で表され、それをその数値に応じて（2）～（4）式のいずれかに代入すると、係数 y_1, y_2, y_3, y_4 や x_1, x_2, x_3, x_4 の値が0や1となる。

【0114】このように、係数 y_1, y_2, y_3, y_4 や x_1, x_2, x_3, x_4 の値が0や1となれば、前述した行列式は簡略化されたものとなる。

【0115】結局、この実施の形態では、注目画素の色補間を行う際に必要な演算量としては、 $4+4+4\times 4+4=28$ となり、従来の80回に比べその演算回数を大幅に削減できる。

【0116】また、この実施の形態では、係数 y_1, y_2, y_3, y_4 や x_1, x_2, x_3, x_4 の値が0や1とならない場合であっても、その値は、0.125や0.625というようにビットシフトで対応できる数値となるため、計算機での処理を行う上できわめて都合のよいものとなる。

【0117】このように、本発明は、バイキュービック法による画素補間（色補間）の原理を用いながらもその計算量を大幅に削減することができ、しかも、バイキュービックによる画素補間を行ったと同じような高品質な画像を得ることができる。

【0118】なお、前述の実施の形態では、注目画素をシアンC33の位置に存在する画素とした場合について説明したが、注目画素を次の画素に移しても同じような考え方で実現できる。たとえば、注目画素をY33の位置に存在する画素とした場合には、補間すべき色成分としてはイエロはY33をそのまま用い、シアン、マゼンタ、グリーンについて補間すべき値を求めればよい。このとき、イエロY33の周囲に、シアン、マゼンタ、グリーンそれぞれについて 4×4 の画素範囲を設定し、それぞれに色成分における 4×4 の画素範囲における行方向画素ラインと列方向画素ラインを設定して、注目画素からの距離に基づく係数 y_1, y_2, y_3, y_4 と x_1, x_2, x_3, x_4 を求める。そして、これらの係数とそれぞれの色成分における 4×4 の行列とによりシアン、マゼンタ、グリーンを求めればよい。この求め方は前述の実施の形態に準じて行うことができるので、ここではその説明は省略する。

【0119】なお、本発明は以上説明した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形実施可能となるものである。たとえば、前述の実施の形態では、基本となる色成分としてシアン、マゼンタ、イエロ、グリーンといった補色系での説明を

行ったが、本発明は、R（赤）・G（グリーン）・B（青）の原色系であっても同様に実施できる。

【0120】また、以上説明した本発明の処理を行う単板式固体撮像素子の画素補間処理プログラムは、フロッピーディスク、光ディスク、ハードディスクなどの記録媒体に記録しておくことができ、本発明はその記録媒体をも含むものである。また、ネットワークから処理プログラムを得るようにしてもよい。

【0121】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、色補間を行うべき位置を実際に存在する画素に選ぶようにすることで、バイキュービック法による画素補間（色補間）の原理を用いながらも従来から行われているバイキュービック法に比べて、計算量を大幅に削減することができ、しかも、バイキュービックによる画素補間を行ったと同じような高品質な画像を得ることができる。しかも演算に用いられる係数の値が、計算機がビットシフトで対応できる数値として求められるので、計算機の処理負担を小さくすることができ処理の高速化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態を説明する色成分配列の一例を示すもので、注目画素におけるイエロの色補間を行う処理を説明する図である。

【図2】本発明の実施の形態を説明する色成分配列の一例を示すもので、注目画素におけるマゼンタの色補間を行う処理を説明する図である。

【図3】本発明の実施の形態を説明する色成分配列の一例を示すもので、注目画素におけるグリーンの色補間を行う処理を説明する図である。

【図4】注目画素に対する従来の色補間について説明する色成分配列の一例を示すものである。

【図5】バイキュービック法について説明する図であり、ある1つの色成分について 4×4 の画素範囲を設定して画素補間すべき点に対する画素補間を行う処理を説明する図である。

【図6】バイキュービック法の具体的な画素補間例を説明する色成分配置例であり、画素補間すべき点におけるシアンの値を求める処理を説明する図である。

【図7】バイキュービック法の具体的な画素補間例を説明する色成分配置例であり、画素補間すべき点におけるイエロの値を求める処理を説明する図である。

【図8】バイキュービック法の具体的な画素補間例を説明する色成分配置例であり、画素補間すべき点におけるマゼンタの値を求める処理を説明する図である。

【図9】バイキュービック法の具体的な画素補間例を説明する色成分配置例であり、画素補間すべき点におけるグリーンの値を求める処理を説明する図である。

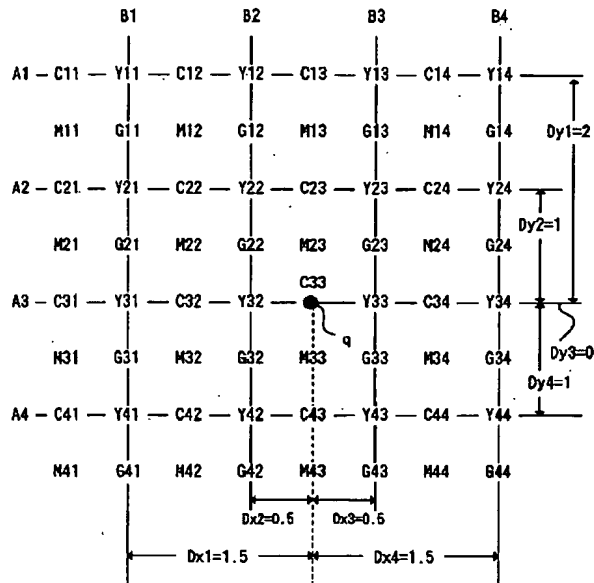
【符号の説明】

A1～A4 行方向画素ライン

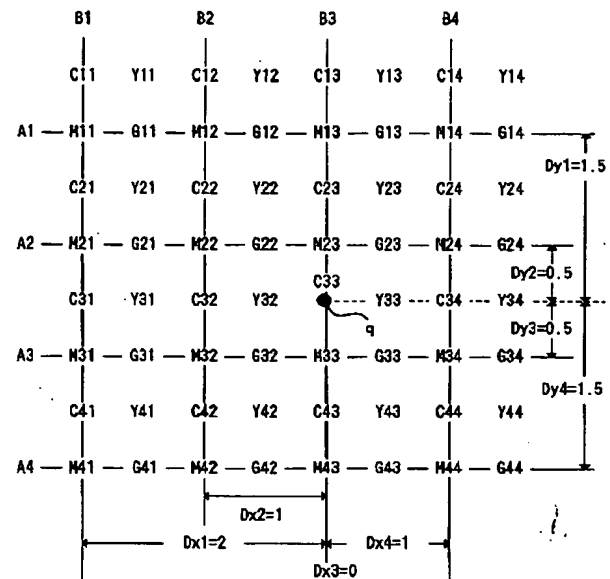
B1～B4 列方向画素ライン
 q 色補間すべき点
 C11～C44 シアン

Y11～Y44 イエロ
 M11～M44 マゼンタ
 G11～G44 グリーン

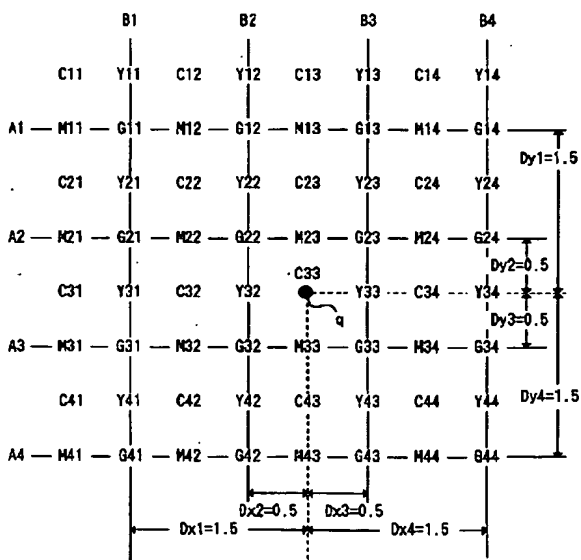
【図 1】



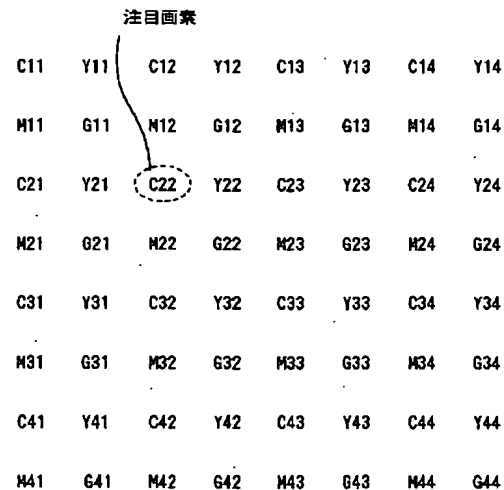
【図 2】



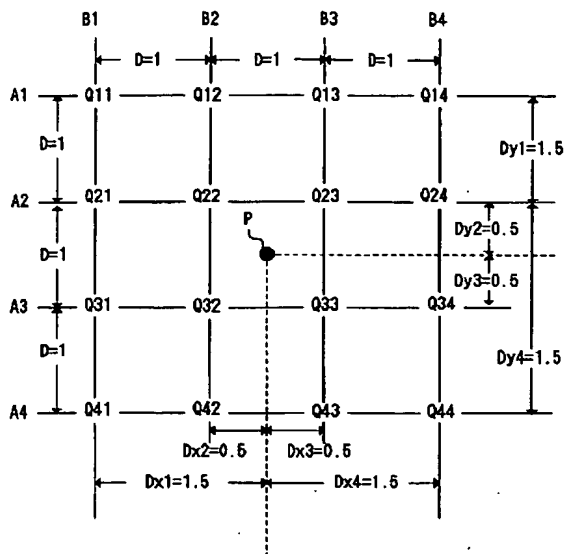
【図 3】



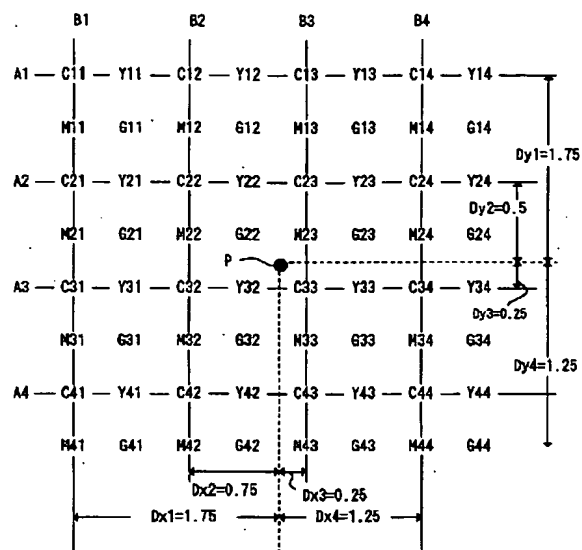
【図 4】



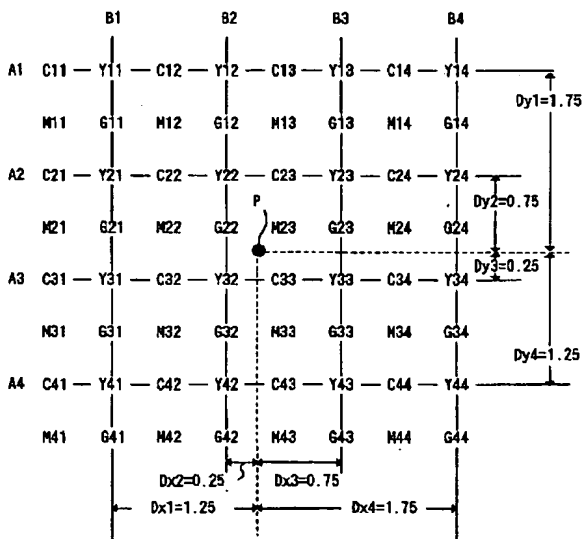
【図5】



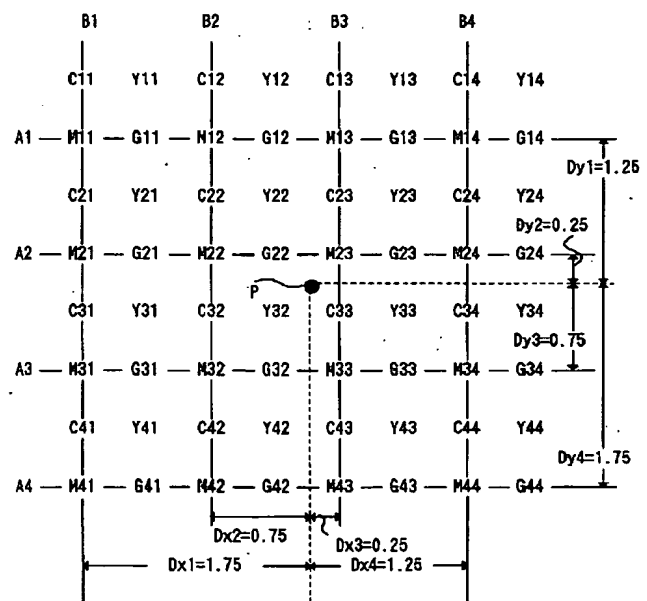
【図6】



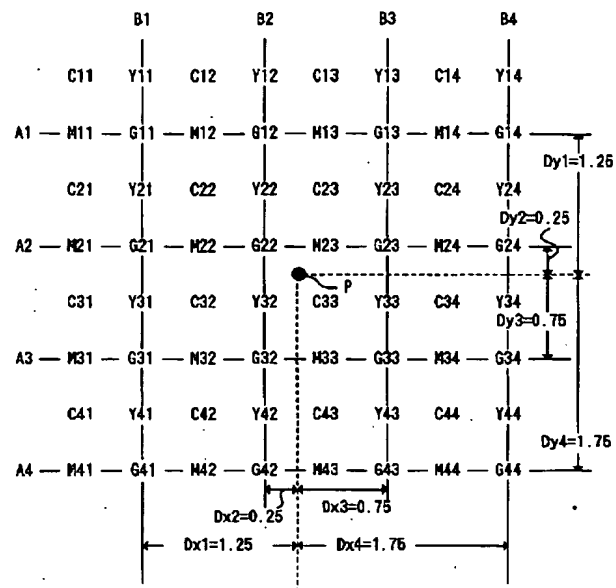
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5B057 BA02 BA12 CA01 CA08 CA12
 CA16 CB01 CB08 CB12 CB16
 CD06 CE11 CE16 CH01 CH08
 5C065 AA03 CC01 DD02 DD17 EE07
 GG13
 5C076 AA21 AA26 BA06 BB04 BB25
 BB27
 5C079 HB01 HB02 JA23 LA10 LA17
 LA28 MA11 NA01 NA03 NA05
 NA09 NA11